

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/48TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/48TVN515>)

УДК 691.327

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Россия, г. Ростов-на-Дону¹

Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: nesgrin@yandex.ru

Лопатина Юлия Юрьевна

ООО «Ирдон»

Россия, г. Шахты

Заведующая лабораторией

E-mail: Lady_julia@mail.ru

Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и её растворной составляющей

¹ 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Аннотация. Применение самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБС) обеспечивает ряд преимуществ при производстве бетонных работ вследствие снижения энерго и трудозатрат на укладку и уплотнение бетонных смесей, затрат на доводку поверхностей после распалубки. Особенно актуально применение СУБС для бетонирования густоармированных конструкций. Один из аспектов проектирования составов СУБС связан с организацией их макроструктуры. Показано, что из показателей макроструктуры СУБС (относительная объемная концентрация крупного заполнителя $f_{ц}$; растворной составляющей $f_{р}$, цементного теста в растворной составляющей $f_{цт}$, коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя $\alpha_{ц}$, коэффициент раздвижки зерен песка $\alpha_{п}$, доля наполнителя d , $n = П/Ц$, $m = Щ/Ц$) явную зависимость с текучестью бетонной смеси имеет относительная объемная концентрация крупного заполнителя $f_{ц}$. Предел прочности на сжатие СУБ, помимо величины $В/Ц$, определяется гранулометрией заполнителей и видом добавок. При рационально организованной макроструктуре СУБС возможно повышение предела прочности до 15%. Составы СУБС с рационально организованной макроструктурой характеризуются удельным расходом цемента менее $6 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{МПа})$.

Ключевые слова: самоуплотняющиеся бетонные смеси; макроструктура; текучесть бетонной смеси; диаметр расплыва конуса; предел прочности бетона; удельный расход цемента.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Лопатина Ю.Ю. Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и её растворной составляющей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:
10.15862/48TVN515

Высокотехнологичные самоуплотняющиеся бетонные смеси (СУБС) отличаются повышенной концентрацией растворной составляющей [1 - 6], в связи с чем бетоны, полученные из таких смесей (СУБ), как правило, характеризуются повышенными показателями расхода цемента, деформаций усадки и ползучести, пониженным значением модуля упругости [7, 8] в сравнении с бетонами, полученными по, например, вибрационной технологии уплотнения из умеренно подвижных и жестких бетонных смесей. Целью настоящей работы является определение максимальной предельной концентрации крупного заполнителя в составе бетонной смеси, при которой еще возможно получение СУБС, уточнение требований по гранулометрии минеральной части СУБС и формулирование основных положений по проектированию макроструктуры СУБС на этапе подбора состава бетона.

В качестве количественных параметров, характеризующих макроструктуру бетонной смеси, можно, например, рассматривать:

- относительную объемную концентрацию крупного заполнителя $\varphi_{ц}$, и связанную с ней относительную объемную концентрацию растворной составляющей $\varphi_{р} = 1 - \varphi_{ц}$;
- относительную объемную концентрацию вяжущего теста в растворной составляющей $\varphi_{цт}$;
- коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя $\alpha_{ц}$;
- коэффициент раздвижки зерен мелкого заполнителя $\alpha_{п}$;
- долю наполнителя $d = H/Ц$.

В табл. 1 представлены значения указанных показателей макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси, полученные в результате анализа (без претензии на полноту данных) составов, представленных в различных литературных источниках.

Табл. 1

Значения показателей макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси

Показатели макроструктуры бетонной смеси					
d	$\varphi_{ц}$	$\varphi_{р}$	$\varphi_{цт}$	$\alpha_{ц}$	$\alpha_{п}$
0,1 – 0,875	0,185 – 0,36	0,64 – 0,815	0,399 – 0,608	1,92 – 4,89	1,097 – 1,609

Очевидно, что диапазон изменения значений, представленных в табл. 1, варьируется достаточно широко, а значит, они не могут однозначно быть рекомендованы для практического применения. Помимо представленных в табл. 1 величин, макроструктура СУБС может также характеризоваться такими традиционными показателями, как $n = П/Ц$ и $m = Ц/Ц$. Предельные максимальные значения указанных величин могут быть определены из следующих положений. Соотношение $П/Ц$ должно приниматься из условия достаточного количества цементного теста для обеспечения текучести СУБС [6]:

$$V_{цт} > k_{п} \cdot V_{р}, \tag{1}$$

$$V_{цт} = \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{H}{\rho_{н}} + B + \frac{k \cdot n \cdot Ц}{\rho_{п}} = Ц \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{B}{Ц} + \frac{k \cdot n}{\rho_{п}} \right), \tag{2}$$

$$V_{р} = \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{H}{\rho_{н}} + B + \frac{k \cdot n \cdot Ц}{\rho_{п}} + \frac{\Pi \cdot (1-k)}{\rho_{п}} = Ц \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{B}{Ц} + \frac{n}{\rho_{п}} \right), \tag{3}$$

откуда

$$n < \frac{0,43}{(0,57-k)} \cdot \rho_{п} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{B}{Ц} \right), \tag{4}$$

где В, Ц – соответственно расход воды и цемента; $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$ – соответственно истинная плотность цемента и песка; k – доля частиц менее 0,08 мм в песке; $k_{п}$ согласно [6] составляет 0,57.

Для уровня структуры «растворная составляющая – крупный заполнитель»:

$$V_P > k_{ц} \cdot V_B, \quad (5)$$

$$V_P = \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Н}{\rho_{н}} + В + \frac{k \cdot n \cdot Ц}{\rho_{п}} + \frac{\Pi \cdot (1-k)}{\rho_{п}} = Ц \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{В}{Ц} + \frac{n}{\rho_{п}} \right), \quad (6)$$

$$V_B = \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Н}{\rho_{н}} + В + \frac{k \cdot n \cdot Ц}{\rho_{п}} + \frac{\Pi \cdot (1-k)}{\rho_{п}} + \frac{Ш}{\rho_{ц,к}} = Ц \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{В}{Ц} + \frac{n}{\rho_{п}} + \frac{m}{\rho_{ц,к}} \right), \quad (7)$$

принимая на первом этапе $k_{ц} = 0,57$,

получим

$$m < \frac{0,43}{0,57} \cdot \rho_{ц,к} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{В}{Ц} + \frac{n}{\rho_{п}} \right) < 0,75 \cdot \rho_{ц,к} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{ц}} + \frac{d}{\rho_{н}} + \frac{В}{Ц} + \frac{n}{\rho_{п}} \right). \quad (8)$$

Еще одним необходимым условием является выполнение требования

$$Ц = \frac{\rho_{БС}}{1 + d + \frac{В}{Ц} + n + m} > [Ц], \quad (9)$$

из которого следует

$$m < \frac{\rho_{БС} - [Ц] \cdot (1 + d + \frac{В}{Ц} + n)}{[Ц]}. \quad (10)$$

Таким образом, организация макроструктуры СУБС должна выполняться, в т.ч., с учетом условий (4), (8) и (10). Основная задача – определить минимальные предельные значения величин $k_{п}$ и $k_{ц}$, при которых будет обеспечиваться требуемая для СУБС текучесть смеси при отсутствии особых требований к гранулометрии заполнителей, с тем чтобы проектировать структуру СУБС с максимально возможной концентрацией крупного заполнителя. Для указанной в ряде источников для СУБС минимальной величины $[Ц] = 360$ кг/м³ величина m, в зависимости от значений входящих в ф.(10) факторов, может изменяться от 1,74 до 3,5. Очевидно, что из значений, определенных по ф.(8) и ф.(10) следует выбирать наименьшее.

Для решения задачи выполнены исследования по влиянию параметров макроструктуры СУБС и гранулометрии минеральной части на текучесть бетонных смесей и свойства бетонов. Данные о составах смесей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Составы СУБС

№	Состав бетонной смеси, кг/м ³										
	Ц	В	МП	П Мкр2,3	П Мкр1,3	Щ Фр0- 10	Щ Фр3- 8	Щ Фр5- 20	Д* PF11 90	Д* G430	Д* Stabi
1	410	203	180	708	-	-	-	997	4,05	-	-
2	410	203	180	708	-	-	-	997	3,69	-	-
3	370	203	214	701	-	-	-	1004	3,33	-	-
4	450	203	145	714	-	-	-	988	4,05	-	-
5	385	170	198	720	-	-	-	935	-	4,24	-
6	385	170	198	-	720	-	-	935	-	4,24	-
7	390	170	200	780	-	-	-	900	-	4,35	-
8	385	184	198	-	390	330	430	505	-	4,24	-
9	390	170	200	780	-	-	-	900	-	4,35	-
10	385	175	198	-	290	230	330	830	-	4,24	-
11	385	170	198	720	-	-	-	935	-	3,85	-
12	385	185	198	720	-	-	-	935	-	4,62	-
13	385	185	198	720	-	-	-	935	-	4,62	0.385

Примечание: * добавки PF1190 – суперпластификатор PF 1190 - MC PowerFlow, G430 – суперпластификатор Glenium 430 производства BASF, Stabi – Cetrament Stabi M21 MC.

Составы, представленные в табл. 2, характеризуются величиной В/Ц от 0,435 до 0,55, значениями: n от 1,59 до 2,34, m от 1,76 до 2,71, ф_Щ от до 0,28 до 0,38 (ф_Р от 0,72 до 0,62), ф_{ЦТ} от 0,53 до 0,6, d от 0,32 до 0,58 (табл. 3), т.е. в принципе соответствуют значениям в табл.1 и полученным значениям n и m.

На рис. 1 представлена зависимость диаметра расплыва конуса СУБС от относительной объемной концентрации крупного заполнителя. Очевидно, что все данные на рис. 1 можно разделить на 4 группы (1 – 4 на рис. 1), при этом в первой группе отмечается практически линейная зависимость диаметра расплыва от объемной концентрации крупного заполнителя при минимальных значениях диаметра расплыва. Наибольший интерес с практической точки зрения имеет вторая группа (составы 1, 3, 4, 10), в которой зафиксирован наибольший диаметр расплыва от 67,5 до 70 см, что соответствует марке СУБС по подвижности SF2 при максимальной концентрации крупного заполнителя до 0,38, превышающей значение ф_Щ = 0,36 в табл. 1. Полученные в данном исследовании результаты показывают, что большинство параметров макроструктуры, представленных в табл. 1, напрямую не оказывают влияния на текучесть бетонной смеси.

Таблица 3

Показатели макроструктуры СУБС, свойства СУБС и СУБ

№	Показатели макроструктуры бетонной смеси							Свойства бетонной смеси		Предел прочности бетона, МПа, в возрасте, сут.		
	d	φЩ	φЦТ	αЩ	αП	n	m	ρ, кг/м ³	D, см	2	7	28
1	0,44			2,18		1,73	2,43	2374	68	24,9	42.2	55.9
2	0,44	0,369	0,598					2353	54,5	23	45	59.5
3	0,58	0,371	0,601	2,15	1,6	1,89	2,71	2402	69	19,3	36.1	48.1
4	0,32	0,365	0,596			1,59	2,2	2390	70	24,3	45.9	57.1
5				2,2				2460	67.5	31,9	57.3	66.6
6		0,346	0,573		1,44	1,87	2,43	2420	62	26,3	51	57.5
7		0,333	0,555	2,4	1,34	2	2,31	2490	68,5	31,8	54.7	67.4
8		0,279	0,527	3,1	1,2	2,34	1,96	2450	64,5	26,7	48.5	62.4
9	0,51	0,333	0,555	2,4	1,34	2	2,31	2490	58	32,2	60.3	62.3
10		0,381	0,601	1,95	1,6	1,69	2,68	2450	67,5	34,7	52.7	66.6
11			0,573	2,2	1,44			2490	62,5	24,1	40.9	54.7
12		0,346				1,87	2,43	2450	61	20,1	37.2	53.7
13			0,582	2,27	1,5			2440	59,5	16,3	33.1	46.8

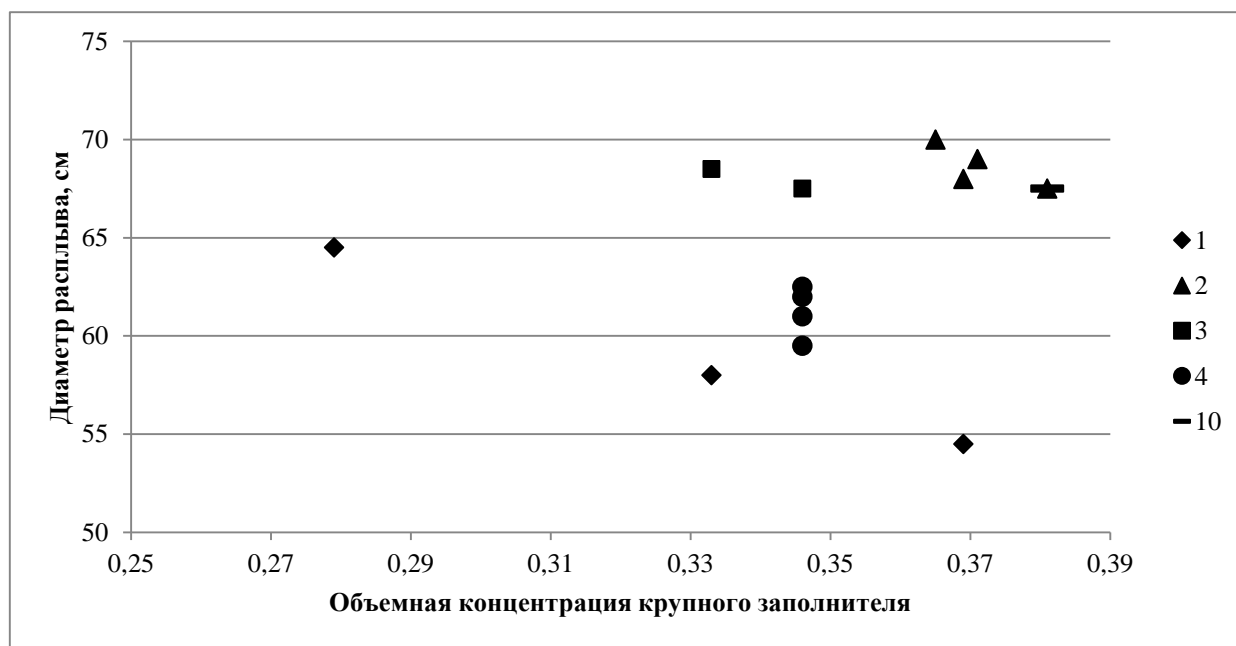


Рис. 1. Зависимость диаметра расплыва конуса бетонной смеси от объемной концентрации крупного заполнителя

- 1 – составы 2, 8 9;
- 2 – составы 1, 3, 4, 10;
- 3 – составы 5, 7;
- 4 – составы 6, 11-13;
- 10 – состав 10 по табл. 2.

Следует отметить, что представленные в табл. 1 показатели макроструктуры СУБС, как правило, будут взаимосвязаны. В частности, зависимость между относительной объемной концентрацией вяжущего теста и относительной объемной концентрацией крупного заполнителя можно представить в виде

$$\varphi_{\text{Щ}} = 1 - \frac{0,001 \cdot \text{Ц} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{\text{Ц}}} + \frac{B}{\text{Ц}}\right)}{\varphi_{\text{ЦТ}}} \quad (11)$$

На рис. 2 представлена графическая модель ф.(11).

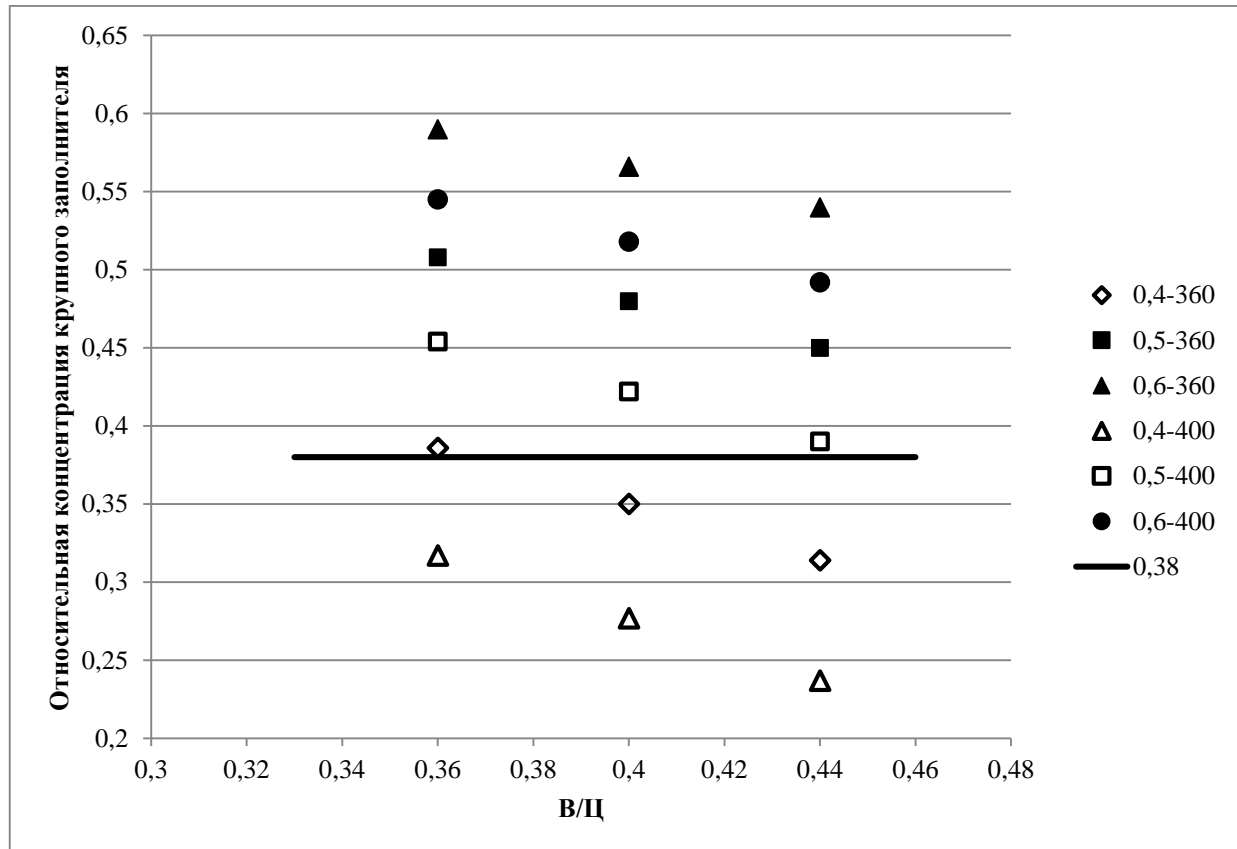


Рис. 2. Графическая модель ф.(11)

0,4-360 – соответственно относительная объемная концентрация вяжущего теста и расход цемента вместе с наполнителем;

0,38 – предельная концентрация крупного заполнителя.

Из представленной на рис. 2 модели очевидно, что с уменьшением величины В/Ц закономерно возрастает концентрация крупного заполнителя, поскольку уменьшение В/Ц влечет при неизменном расходе цемента уменьшение объема вяжущего теста. Увеличение величины объемной концентрации вяжущего теста в объеме растворной составляющей сопровождается снижением доли мелкого заполнителя и, закономерно, приводит к росту концентрации крупного заполнителя. Рациональная структура СУБС, таким образом, количественно не может характеризоваться независимо друг от друга показателями, представленными в табл.1. В связи с этим можно рассматривать в качестве рациональной макроструктуру СУБС, организованную по следующим принципам:

- относительная объемная концентрация растворной составляющей в составе СУБС должна составлять не менее 0,57 ($\varphi_{\text{Щ, max}} = 0,43$, минимальное значение 0,34);

- относительная объемная концентрация вяжущего теста в растворной составляющей должна составлять не менее 0,57, тогда в составе СУБС объемная концентрация вяжущего теста должна составлять от $0,57 \cdot 0,57 = 0,325$ до $0,66 \cdot 0,66 = 0,436$;
- вязкость вяжущего теста должна подбираться из одновременного выполнения условий максимальной текучести и нерасслаиваемости СУБС, для чего, в частности, следует ограничивать максимальную крупность заполнителя и, возможно применять стабилизаторы.

Во многих источниках приводятся рекомендации по гранулометрии заполнителей либо всей минеральной составляющей для СУБС. Как правило, в основе требований к гранулометрии заполнителей лежит кривая Фуллера.

На рис. 3 представлена зависимость предела прочности на сжатие исследованных СУБ от величины В/Ц. С практической точки зрения наибольший интерес представляют все исследованные составы СУБ за исключением 4,9 и составов четвертой группы (6, 11-13). В составах 1 – 3, 5 – 8 и 10 превышение предела прочности СУБ составляет от 11 до 16% относительно расчетных значений, соответствующих использованным материалам.

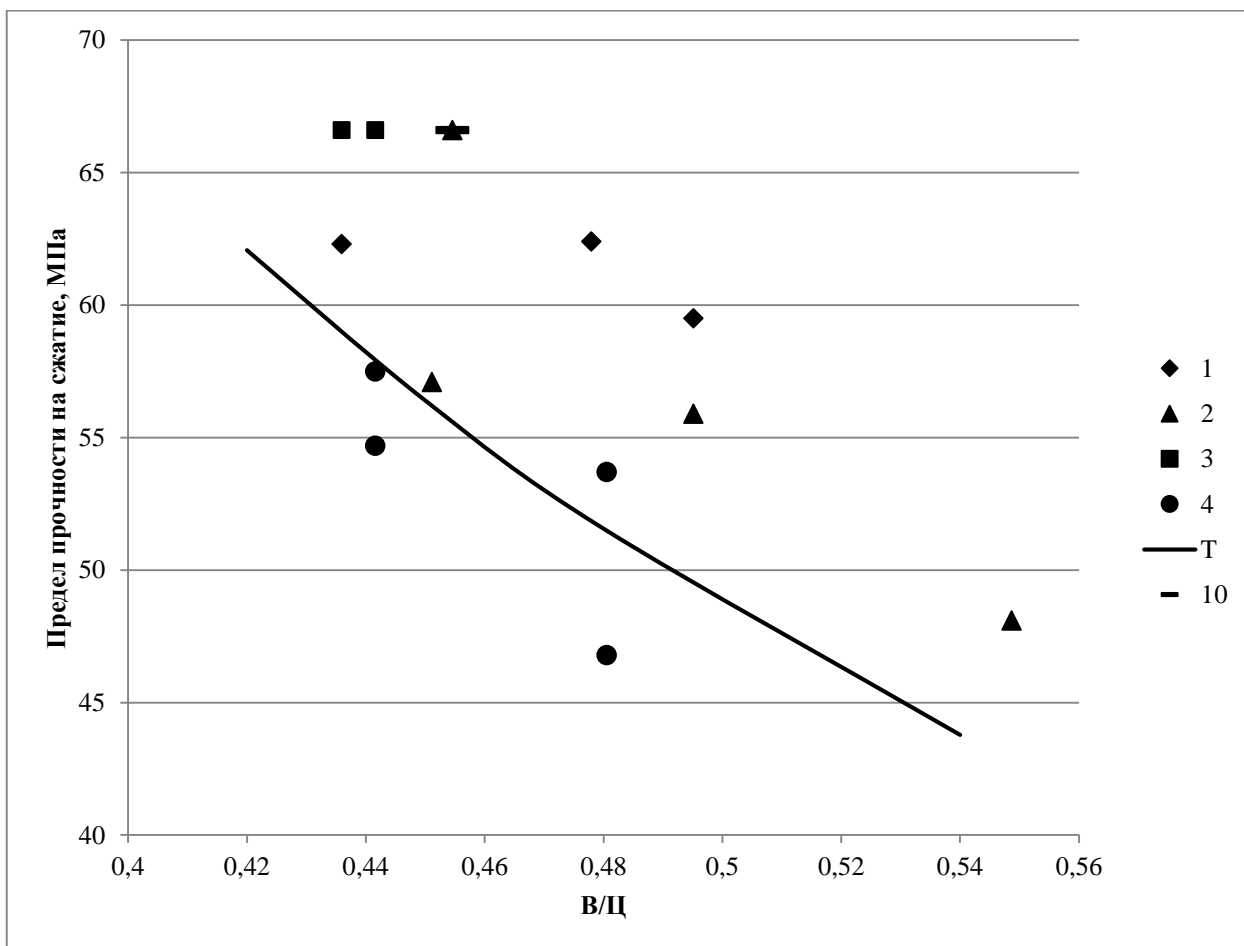


Рис. 3. Зависимость предела прочности на сжатие от величины В/Ц

1-4, 10 – то же, что и на рис. 1;

Т – по формуле $R = \frac{a \cdot R_{Ц}}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{1,39}}$ [6] при $a = 0,37$ и $R_{Ц} = 50,3$ МПа.

На рис. 4 представлена зависимость удельного расхода цемента Ц/Р, кг/(м³·МПа) от относительной объемной концентрации крупного заполнителя. Указанный показатель можно рассматривать как один из критериев экономической эффективности бетонов. В зависимости от технологии бетона величина показателя может составлять для массово применяемых бетонов от 4 до 9,5 кг/(м³·МПа) [9]. С практической точки зрения наибольший интерес представляют составы 5, 7, 10, удельный расход цемента в которых составляет менее 6 кг/(м³·МПа), что соответствует показателям, полученным в [6, 10]. Таким образом, анализируя исследованные составы СУБ, можно констатировать, что одновременно по показателям диаметра расплыва конуса СУБС, предела прочности на сжатие и удельного расхода цемента лучшие значения фиксируются у состава №10 по табл. 2, гранулометрия минеральной составляющей которого в большей степени соответствует «эталоону» (ASTM; BS) для перекачиваемых бетонных смесей (рис. 5, 6).

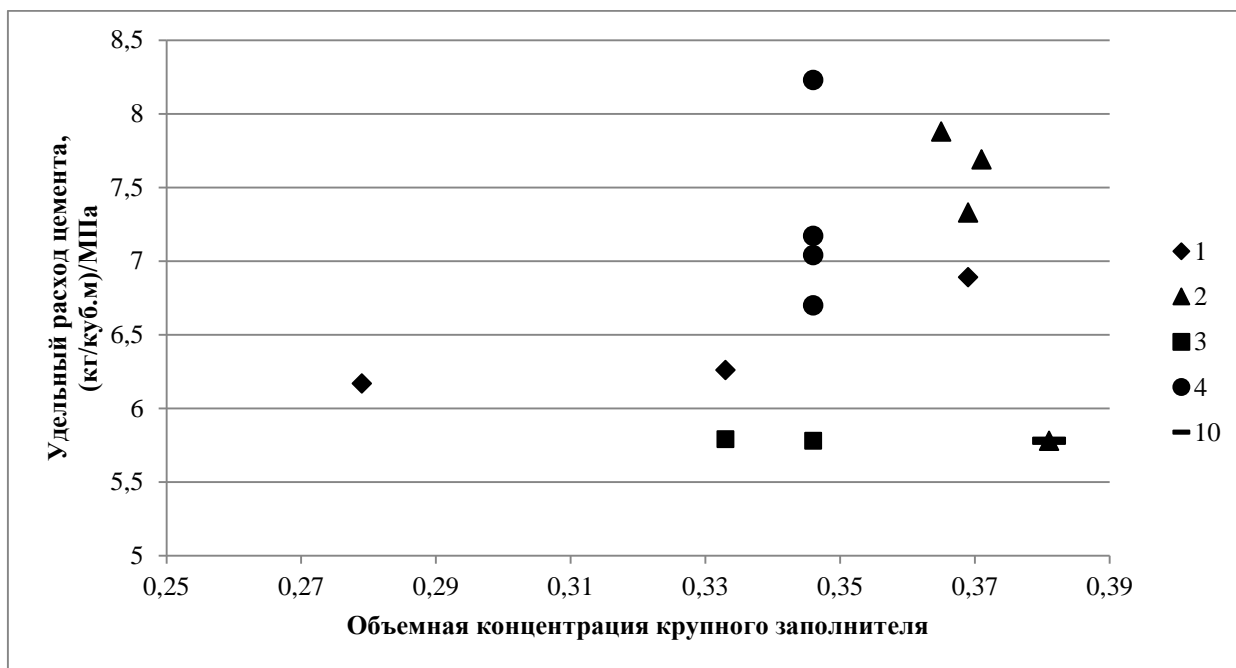


Рис. 4. Зависимость удельного расхода цемента от объемной концентрации крупного заполнителя

1-4, 10 – то же, что и на рис. 1

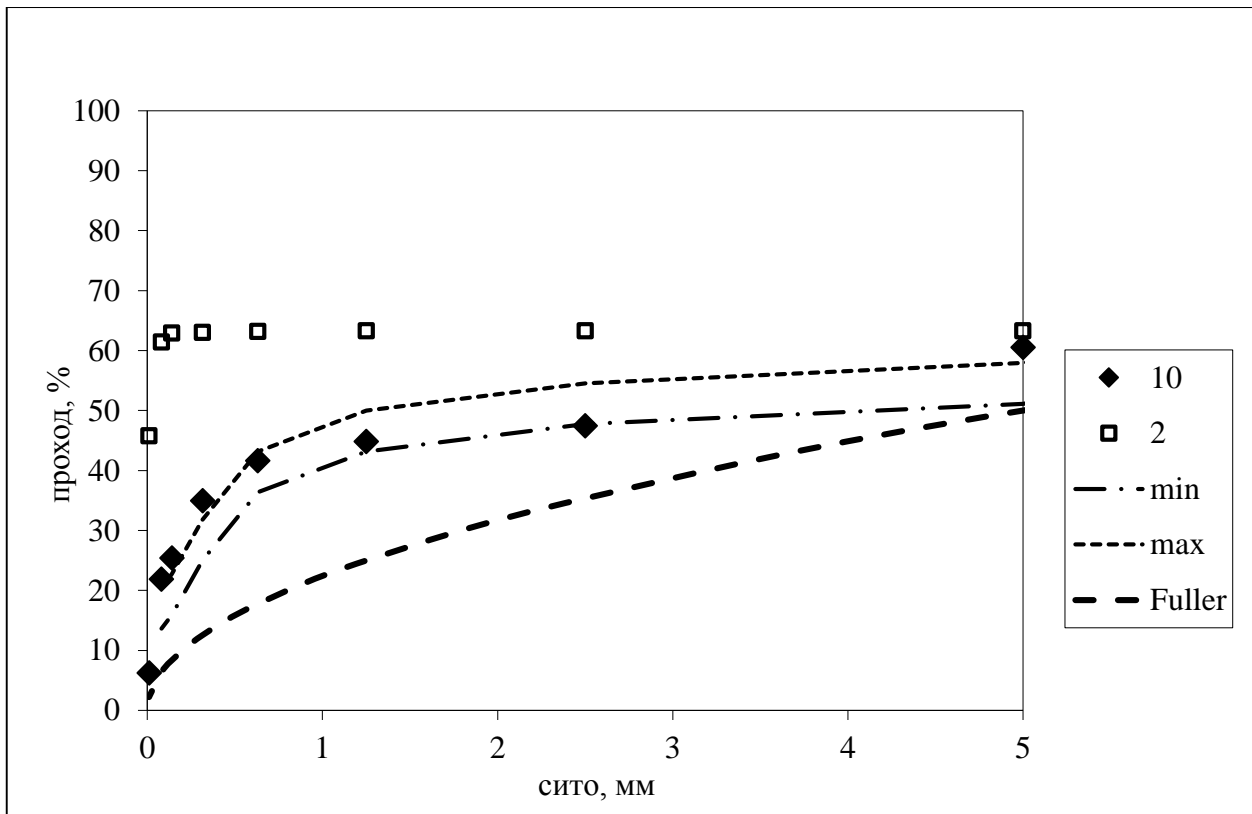


Рис. 5. Гранулометрический состав минеральной части СУБС для фракций до 5 мм

min; max – в среднем по ASTM; BS, Fuller – по кривой Фуллера, 2; 10 – для составов №2 и №10 по табл. 2.

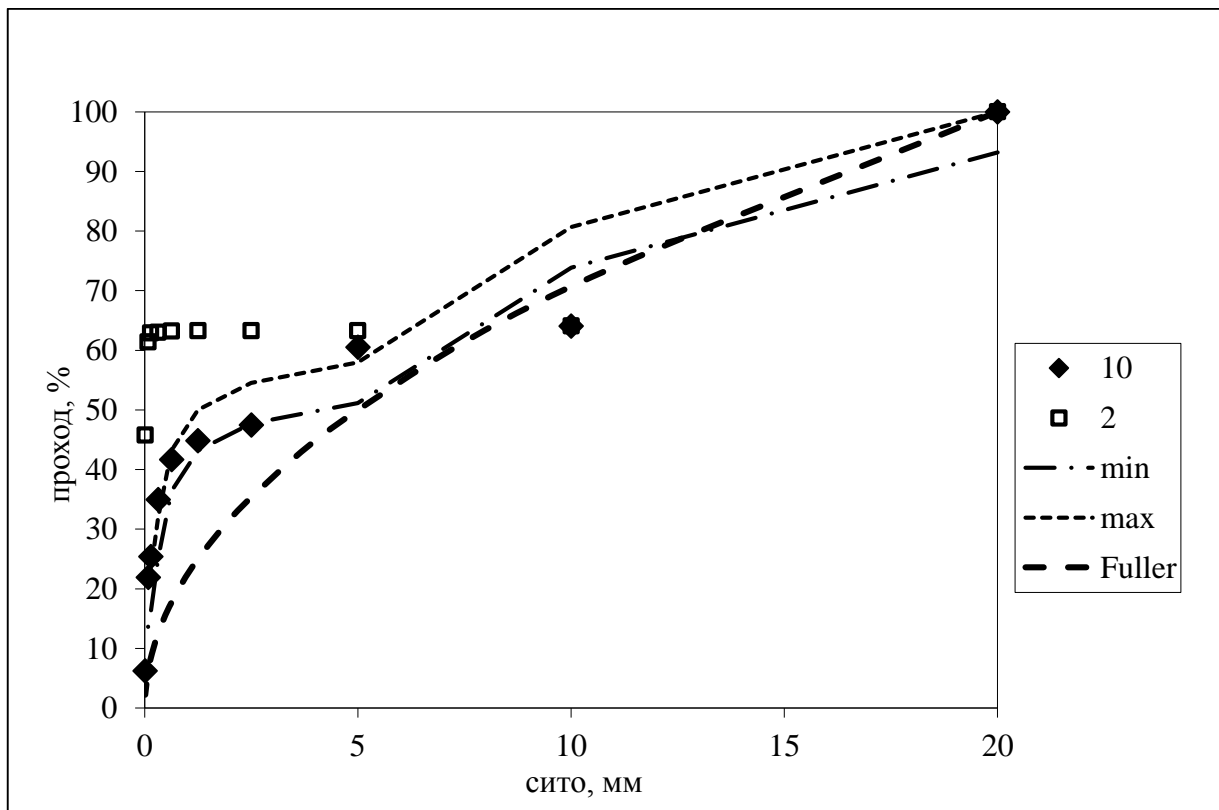


Рис. 6. Гранулометрический состав минеральной части СУБС

min; max – в среднем по ASTM; BS, Fuller – по кривой Фуллера, 2; 10 – для составов №2 и №10 по табл. 2.

Анализ данных рис. 5, 6 показывает, что в исследованных составах отмечается некоторый избыток частиц размером более 10 мм, дефицит частиц размером 5 – 10 мм. Составы 2 и 10 резко отличаются распределением частиц менее 5 мм по размерам – в составе 2 явно выраженный дефицит частиц размером 0,315 – 5 мм, в связи с чем в принципе можно говорить о «прерывистой» гранулометрии минеральной части состава 2, следствием чего и является ухудшение подвижности бетонной смеси. Гранулометрия минеральной части состава 10 достаточно близка к «эталону» для перекачиваемых бетонных смесей. Поскольку состав 10 характеризуется лучшими показателями по прочности, удельному расходу цемента и подвижности одновременно, можно утверждать, что для СУБС в части требований по гранулометрии минеральной части достаточно соблюдать требования к перекачиваемым бетонным смесям.

Выводы

1. Из показателей макроструктуры СУБС ($f_{ц}$, $f_{р}$, $f_{цг}$, $\alpha_{ц}$, $\alpha_{п}$, d , n , m) явную зависимость с текучестью бетонной смеси имеет относительная объемная концентрация крупного заполнителя $f_{ц}$.
2. Предел прочности на сжатие СУБ, помимо величины В/Ц, определяется гранулометрией заполнителей и видом добавок. При рационально организованной макроструктуре СУБС возможно повышение предела прочности до 15%. Гранулометрия минеральной части СУБС должна удовлетворять требованиям к перекачиваемым бетонным смесям.
3. Составы СУБС с рационально организованной макроструктурой характеризуются удельным расходом цемента менее 6 кг/(м³·МПа).

ЛИТЕРАТУРА

1. Каприелов С.С., Новые модифицированные бетоны / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян. - М.: «Типография «Парадиз», 2010. – 258 с.
2. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. - М: АСВ, 2006. – 368 с.
3. Калашников, В.И. Расчет состава высокопрочных самоуплотняющихся бетонов / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2008. – №10. – С. 4 – 6.
4. Несветаев Г.В., Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. – 2009. - №5. – С. 54 – 57.
5. Несветаев, Г.В. Самоуплотняющиеся бетоны: некоторые факторы, определяющие текучесть смеси / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк, Б.А. Хетагуров // Строительные материалы. – 2009. - №3. – С. 54 – 57.
6. Несветаев, Г.В. О проектировании состава высокопрочного самоуплотняющегося бетона / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Бетон и железобетон. – 2012. - №6. – С. 8-11.
7. Несветаев, Г.В. Самоуплотняющиеся бетоны: модуль упругости и мера ползучести / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. – 2009. - №6. – С. 68 – 71.
8. Несветаев, Г.В., Самоуплотняющиеся бетоны: усадка / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. – 2009. - №8. – С. 52 – 53.
9. Несветаев Г.В., О прочности бетона с каркасной структурой / Г.В. Несветаев, С.В. Халезин // Интернет-журнал «Науковедение», 2015 №3 (28) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2015. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf>.
10. Батудаева А.В., Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А.В. Батудаева, Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов // Бетон и Железобетон. – 2005. - №4. – с. 14-18.

Рецензент: Маилян Дмитрий Рафаэлович, заведующий кафедрой «Железобетонных и каменных конструкций», доктор технических наук, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет».

Nesvetaev Grigory Vasilievich
Rostov State University of Civil Engineering
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Lopatina Yuliya Yur'yevna
Irdon LLC
Russia, Shahty
E-mail: Lady_julia@mail.ru

Design of macrostructure of self-compacting concrete and its mortar component

Abstract. Application of self-compacting concrete (SCC) provides a number of advantages in the production of concrete work due to lower energy and labor costs for laying and compaction of concrete mixtures, the cost of finishing surfaces after stripping. Especially important application SCC for reinforced concrete structures with high content of steel bars. One aspect of the design formulations SCC connected with the organization of their macrostructure. It has been shown that the measure of the macrostructure SCC (relative volume concentration of coarse aggregate φ_{CA} ; mortar component φ_m ; cement paste in the mortar component φ_{cp} ; coefficient “razdvizhki” of coarse aggregate α_{CA} ; coefficient “razdvizhki” of sand grains α_S ; share filler $d, n = \text{sand} / \text{cement}$, $m = \text{coarse aggregate} / \text{cement}$) with the explicit dependence of the flow of the concrete mix is the relative volume concentration of coarse aggregate φ_{CA} . The compressive strength of SCC, in addition to the value of W / C is determined by a particle size of fillers and additives views. When rationally organized macrostructure SCC possible to increase the tensile strength of up to 15%. Lineups SCC a rationally organized macrostructure characterized by specific consumption of cement less than $6 \text{ kg} / (\text{m}^3 \cdot \text{MPa})$.

Keywords: self-compacting concrete; macrostructure; the concrete mix fluidity; the compressive strength of concrete; specific consumption of cement.

REFERENCES

1. Kapriellov, S.S. New modified concrete / S.S. Kapriellov, A.V. Sheynfeld, G.S. Kardumyan. - M.: "Typography Paradise", 2010. - 258 p.
2. Bazhenov, Y.M. Modified high-quality concrete / Y.M. Bazhenov, V.S. Demyanova, V.I. Kalashnikov. - M: DIA, 2006. – 368 p.
3. Kalashnikov, V.I. The calculation of the composition of high-strength self-compacting concrete / V.I. Kalashnikov // Building Materials. - 2008. - №10. - p. 4 - 6.
4. Nesvetaev, G.V. SCC: the strength and composition of the design / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // Building Materials. - 2009. - №5 - p. 54 – 57.
5. Nesvetaev, G.V. SCC: some of the factors that determine the fluidity of the mixture / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk, B.A. Hetagurov // Building Materials. - 2009. - №3. – p. 54 - 57.
6. Nesvetaev, G.V. On the design of the composition of high-strength SCC / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Concrete and reinforced concrete. - 2012. - №6. - p. 8-11.
7. Nesvetaev, G.V. SCC: elastic modulus and creep coefficient/ G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // Building Materials. - 2009. - №6. - p. 68 - 71.
8. Nesvetaev, G.V., SCC: shrinkage / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // Building Materials. - 2009. - №8. - p. 52 - 53.
9. Nesvetaev G.V., On the strength of concrete with frame structure / G.V. Nesvetaev, S.V. Khalezin // Internet magazine “Naukovedenie” 2015 №3 (28) [electronic resource] - M.: Naukovedenie, 2015. - Access: <http://naukovedenie.ru/pdf/92tvn315.pdf>.
10. Batudaeva, A.V., High-modified concrete of self-leveling compounds / A.V. Batudaeva, G.S. Kardumyan, S.S. Kapriellov // Concrete and reinforced concrete. - 2005. - №4. - p. 14-18.